

## Manejo poscosecha de hortalizas bulbosas. Condiciones para el secado artificial de ajo

Gabriel Ávila

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, C.C.509 (5000) Córdoba, Argentina

---

### Resumen

El secado es un proceso de gran importancia en la vida poscosecha del ajo. Se realiza sometiendo a los bulbos a altas temperaturas y baja humedad relativa. Su duración varía en función de las condiciones climáticas donde se realice, el estado del material cosechado, el tipo comercial de ajo utilizado y el sistema de secado que se utilice.

El secado natural se realiza mayoritariamente en regiones cálidas y secas. Es muy práctico y económico, pero sus pérdidas en poscosecha pueden ser elevadas. El secado artificial se propone como la forma más eficiente de controlar las condiciones ambientales, a la vez que permite mantener la calidad del producto a través de un proceso rápido y seguro.

Es amplia la gama de variables utilizadas para evaluar el proceso de secado de bulbos. Es importante combinar parámetros sensoriales u organolépticos con parámetros bioquímicos, ajustándolos a las condiciones climáticas y de manejo del cultivo de cada región.

Los avances tecnológicos en el proceso de secado implican cambios en los sistemas de cosecha, traslado y acondicionamiento del material. Para ello, se debe partir de un producto de calidad que justifique afrontar los cambios, tanto técnica como económicamente.

**Palabras Clave:** Ajo -*Allium sativum* - Secado - Poscosecha.

---

## Postharvest management in bulbing vegetables. Conditions for the artificial drying of garlic

### Summary

Drying is a very important process in the postharvest life of garlic. This process is done once the product has been harvested, submitting the bulbs to high temperatures and low relative moisture. Duration of the process varies in function of weather conditions of the site where it is accomplished, the condition of the harvested material, the commercial type of garlic and the drying system to be used.

Natural drying is done in dry and warm regions, being very practical and economic. However, losses are important in magnitude. Artificial curing is proposed as the most efficient way to control environment conditions. At the same time, it allows maintaining the product quality through a quick and secure process.

There is a great amount of variables used to control bulbs drying process. It is important to combine sensorial and biochemical parameters, adjusting them to the weather and management conditions of the crop in each region. Technological advances in drying process involve changes in harvest systems, transport and conditioning of the raw material. In order to be able to face this changes, it is advisable to deal with a product of high quality, which will ensure the technical and economical changes.

**Key Words:** Garlic - *Allium sativum* - Drying - Postharvest.

---

## Introducción

En Argentina la poscosecha (posarrancado) de ajo se inicia tradicionalmente con el “acordonado” de los bulbos en el terreno, ya sean sueltos o en atados.

En este “cordón” se cumplen las fases de “curado” al sol, protegidos de insolación directa, para luego pasar a otras instancias de almacenamiento como son los “caballetes” o “ballenas”.

El curado toma el nombre del vocablo inglés curing (6). En este proceso, que se realiza inmediatamente después del arrancado, se somete a los bulbos a altas temperaturas (aproximadamente 36 °C) y baja humedad relativa (menos del 70 %) con el objetivo de provocar la deshidratación de las hojas envolventes (catáfilas). Cuando éstas han minimizado su coeficiente de conductividad hídrica, disminuye el flujo transpiratorio desde el bulbo y éste se mantiene turgente. No obstante, al no estar definido el secado mediante parámetros físicos, resulta imprecisa y altamente riesgosa su correcta realización.

Se considera convencionalmente que los bulbos están “curados” cuando el cuello está apretado y las catáfilas externas están secas y crujientes (18). Estas condiciones se alcanzan cuando el bulbo ha perdido entre el 3 % y el 5 % de su peso. Si no se produce un buen curado, los bulbos serán más susceptibles a podredumbres durante el almacenaje.

Los objetivos de esta práctica son:

- proteger a los bulbos de las infecciones por microorganismos;
- posibilitar la permanencia de la máxima cantidad de catáfilas externas;
- reducir la tasa de respiración de los bulbos;
- posibilitar el mantenimiento de la calidad del producto cosechado.

Cuando las hojas envolventes del bulbo se deshidratan, se aumenta la resistencia a la difusión del interior hacia el exterior, y por ello la diferencia de presión de vapor entre el producto y el medio no lleva necesariamente

a un aumento en la pérdida de agua de los bulbos (19, 30).

Las pérdidas que sufren los bulbos en el almacenamiento dependen de las condiciones en precosecha, cosecha y en el mismo almacenamiento. El manejo de las etapas previas tiene una gran influencia en la futura calidad de los bulbos.

Los factores de precosecha que influyen son: el genotipo; el momento y la dosis de fertilizaciones y riego; la aplicación de inhibidores de la brotación; el método de cosecha; la sanidad y el nivel de daños (golpes, heridas), y la fecha de cosecha (23).

Este último factor es muy importante. El punto de cosecha en ajo para consumo generalmente se determina por las variaciones en la coloración de las hojas y por la firmeza del falso tallo (8, 11; Sims *et al.*, citados en 7). Los criterios son diversos: se considera óptimo para arrancar el momento en que la planta tiene las 2/3 partes amarillentas, o la presencia de solo 2 ó 3 hojas nuevas verdes, o la flexión parcial de la planta sobre el bordo (“encame”) en cultivares que no manifiestan el tallo floral.

Se tiende a cosechar en forma prematura, ya sea para el aprovechamiento de buenos precios en el mercado o para escapar al efecto de los accidentes climáticos, problemas sanitarios o disturbios fisiológicos (20).

Los bulbos cosechados inmaduros tienen las catáfilas externas con un alto contenido de agua, por lo tanto requieren de un proceso de curado más extenso que los bulbos maduros. El agua libre en los bulbos promueve el desarrollo de enfermedades y el secado excesivo causa resquebrajamiento de las catáfilas externas, con su posterior desprendimiento (23).

## El secado forzado

El secado consiste en la evaporación del agua contenida en las catáfilas, a través de la transmisión del calor latente de evaporación

del aire al producto. Lo que se logra con ello es la disminución de la actividad bioquímica de las catáfilas externas del bulbo y de todo el falso tallo, favoreciéndose así la inactividad de los microorganismos. Esto permite mantener en mejor estado al bulbo durante el almacenaje.

En el secado forzado este proceso se realiza en menores tiempos, con la producción de una corriente de aire caliente que permite lograr firmeza en las catáfilas externas, mejorando la presentación a la hora de comercializar los bulbos.

El objetivo del secado dinámico del ajo es lograr una pérdida de peso del 20-25 %. Es importante obtener gran parte de esa pérdida (aproximadamente un 6 %) en los primeros días, para evitar los problemas causados por “carbonilla” *Helminthosporium allii* (3). La Figura 1 muestra la evolución teórica de la pérdida relativa de peso, en el secado natural y en el artificial.

En experiencias hechas con productores de ajo en Beaumont-de-Lomagne, Francia, se demostró que con 3 días de ventilación con aire caliente, se puede obtener ajo adecuadamente seco. Mediante este sistema, para llegar al 60 % del peso inicial manteniendo una progresión constante, la duración de la ventilación caliente estaría entre 8 y 10 días (17).

Como contraste, para las características climáticas de Montauban, Francia, el secado tradicional alcanza un estado equivalente recién a 1 ó 2 meses desde la cosecha. En estas condiciones, otros autores franceses (3) secaron también bulbos de ajo con aire forzado a 30 °C y un volumen de aire de 468 ms·h<sup>-1</sup> por tonelada de ajo. Esta experiencia se realizó en forma discontinua, y para llegar a un producto seco se necesitó entre 20 y 30 días.

Para Kader *et al.* (16), tanto el ajo como la cebolla se pueden secar con temperaturas entre 35 y 45 °C y una humedad relativa del aire entre 60 y 75 %. Este proceso puede durar entre 12 y 24 horas en forma continua.

De acuerdo con Vieira *et al.* (citados en 7), en bulbos de ajo destinados a semilla pueden emplearse temperaturas entre 50 y 60 °C durante 10 a 40 minutos, sin llegar a comprometer el normal estado de dormición de los bulbillos.

Por su parte, Werner (30) recomienda para el secado forzado de ajo un flujo de 400 a 450 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>·t<sup>-1</sup> y a una temperatura de 45 °C. No obstante, no indica en su trabajo cuál es la humedad relativa (HR) del aire aconsejada, ni cuánto tiempo se debería someter al producto a esas condiciones.

Al ser las características de manejo poscosecha del bulbo de cebolla bastante similares a las del ajo, es importante hacer

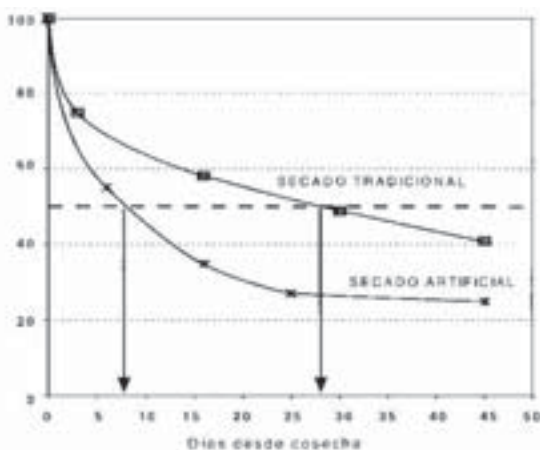


Figura 1. Comparación de las pérdidas relativas teóricas de humedad en bulbos de ajo secados artificialmente o en forma natural

mención a las experiencias publicadas respecto del secado forzado.

Son varios los autores que han trabajado con temperaturas entre 34 y 36 °C. Boyette *et al.* (4) establecen volúmenes de aire entre 120 y 360 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.t<sup>-1</sup> para llegar a tener la cebolla seca al cabo de 48 a 72 horas. Matson *et al.* (18) sugieren movimientos de aire mucho menores del orden de los 60 a 120 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.t<sup>-1</sup>, con una HR menor al 50 %, pero no llegan a recomendar ningún tiempo de secado. Isenberg (15) secó cebolla tardando entre 5 y 14 días con un volumen de remoción de aire de 120 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.t<sup>-1</sup>, sin dar datos de la HR del aire.

La mayoría de los autores consultados ha trabajado en cebolla con temperaturas mayores a los 35 °C. Buffington *et al.* (5) utilizaron un rango entre 39 y 41 °C, 60 a 75 de HR y un movimiento del aire del orden de los 267 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.t<sup>-1</sup>. Así logró secar cebolla en un lapso de 30 a 60 horas. Para Depestre *et al.* (10), el rango térmico puede ir de 35 a 45 °C, con 450 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.t<sup>-1</sup> de aire en movimiento y con una HR de 70 %, tardando en el proceso de secado entre 48 y 72 horas. Para los técnicos de Fundación Chile (12) el rango térmico puede oscilar entre 35 y 40 °C, y la HR del aire entre 60 y 75 %. Estas condiciones permiten secar la cebolla en 24 horas.

Palilov (21) somete a los bulbos a 45 °C durante 8 a 12 horas, buscando obtener cebollas externamente secas y libres de *Botrytis* spp. Para Salunkhe y Desai (24) el curado artificial se logra en 6 días con una temperatura fija de 37,8 °C y una HR del 70 %. Smittle y Williamson (26) usaron exactamente la misma temperatura de Saiunkhe, pero especificaron un movimiento del aire del orden de los 1.500 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.m<sup>-3</sup> de producto, tardando 3 días para cumplimentar el secado. También Thompson *et al.* (29) y Hoyle (14) trabajaron con temperaturas muy altas (46 °C) y una HR entre el 70 y 80 %. En esas condiciones se secó la cebolla en 16 horas. En Brasil, Werner y Braun (citados en 30)

utilizaron entre 46 y 48 °C para realizar un curado forzado de bulbos de cebolla en 16 a 20 horas.

Existe otro grupo de autores que han trabajado con temperaturas menores de 35 °C. Entre ellos encontramos a Shipway (25), que no define el tiempo de secado pero realiza el proceso con temperaturas de 30 a 35 °C y con volúmenes de movimiento de aire del orden de los 150 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.m<sup>-3</sup> de producto. Otra publicación inglesa (28) habla de temperaturas entre 15 y 30 °C y remociones de aire del orden de los 432 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.t<sup>-1</sup>, obteniendo la cebolla seca en períodos que van entre los 3 a 5 días. Whitwell (31) comenta que con sólo 15 °C de temperatura se puede obtener una cebolla curada en 4 días.

Lo cierto es que el tiempo que es preciso emplear para la desecación de un producto está relacionado con la cantidad de agua a evaporar y con la progresión de este proceso. Para poder determinar este tiempo en la práctica, interesa precisar cuáles son los factores que influyen de forma más importante sobre la progresión, a fin de establecer las condiciones más favorables y económicas para la desecación.

La progresión del secado para muchos productos es aproximadamente proporcional al porcentaje de agua existente. En algunas hortalizas, la evaporación se efectúa con gran rapidez en la primera fase de su desecación, en la cual la superficie del elemento se mantiene con humedad, para luego reducirse de manera apreciable al no poder la difusión interior compensar la evaporación superficial.

La relación entre agua y materia seca, una vez alcanzado un determinado valor de equilibrio entre esta relación y el aire ambiente, ya no sufrirá variación por más que mantengamos el producto en el túnel de secado.

Este equilibrio depende esencialmente de la humedad relativa y en menor medida de la temperatura. La humedad a evaporar de un vegetal se determina restando de la humedad total contenida en éste, la humedad en

equilibrio con las condiciones ambientales normales.

Por regla general, si la temperatura es alta (50-60 °C), la progresión del secado será rápida y el tiempo de desecación total breve. Sin embargo, si la temperatura de la masa de un vegetal se eleva hasta un determinado valor crítico, que depende del vegetal y de su contenido de humedad, y si a eso le sumamos un bajo contenido de humedad atmosférica (menor al 50 %), se tendrá como resultado una desecación desigual, haciendo que el producto no pueda mantenerse almacenado por mucho tiempo.

La mayor parte de la información sobre diseño y funcionamiento de las instalaciones de secado y almacenamiento publicadas, se refieren a condiciones climáticas templadas. Hay muy poca información disponible sobre estructuras desarrolladas especialmente para condiciones tropicales o subtropicales, por lo que es preciso adaptar los principios básicos de la ingeniería de procesamiento de productos agrícolas a las situaciones climáticas particulares que predominan en una zona determinada.

El secado forzado de bulbos de ajo se puede realizar en túneles diseñados a tal fin y bajo un control permanente de la temperatura, humedad relativa, velocidad y presión del aire caliente que se fuerza a circular en su interior.

Con el avance de la cosecha mecánica de ajo en los países desarrollados, donde se arrancan las plantas y se secciona gran parte de sus hojas para luego almacenar los bulbos a granel en *bins*, se han comenzado a desarrollar modelos simples y de bajo costo con el objetivo de posibilitar el secado de grandes volúmenes de producto en pocas horas.

Un ejemplo surgido de estas tendencias es el empleo de una estructura liviana a modo de túnel, que se mueve alternativamente sobre rieles para permitir secar en un extremo una parte del material, mientras en el otro se remueve el material ya seco y se prepara una

nueva carga a secar. Un túnel de este tipo, con dimensiones de 3 m de ancho por 15 de largo y 2,2 de alto, podría secar unos 5.000 kg por vez, usando ventiladores montados en forma permanente y con una fuente continua de calor.

Otro modelo que apunta a ganar más adeptos por su simplicidad en el diseño y bajo costo, consiste en un colector solar formado por una lámina de polietileno negro, cubierta por un túnel de polietileno transparente, al que se le retira aire caliente mediante un ventilador axial que lo insufla en el depósito con ajos cortados y cargados a granel en *bins* ventilados (*bins* con grandes espacios abiertos en su estructura, y con capacidad para 250 kg de bulbo) (3).

Para que el producto pierda su humedad de cosecha hasta aproximadamente el 60 % en pocas horas, se lo debe someter a un flujo laminar de aire en forma continua con una velocidad de 11 m.s<sup>-1</sup> y una temperatura homogénea en todo el túnel de 35 CC.

## 1. El equipo de secado

Son dos los tipos de equipos secadores utilizados para el secado artificial de ajos:

- \* Secadores de Circulación Natural: su funcionamiento se basa en favorecer el pasaje natural de aire calentado por el sol, de abajo hacia arriba, por el espacio donde se depositan los bulbos;
- \* Secadores de Circulación Forzada: se utilizan en la agroindustria y funcionan con la impulsión de corrientes de aire, con gasto de algún tipo de energía convencional (gas, electricidad, gasoil y carbón, entre las más comunes).

Existen distintos modelos de secaderos con circulación forzada:

- \* Discontinuos: los bulbos van circulando en carros que contienen estantes (o “paseras”) que avanzan en contra de la corriente de aire durante un cierto tiempo y luego vuelven a su posición original “enfriándose” bajo la temperatura normal del ambiente externo al



túnel; en el caso que los bulbos permanezcan estáticos se habla de sistemas fijos, donde lo que se mueve por períodos limitados de tiempo es el aire forzado hacia el interior de ese ambiente;

- \* Continuos: los bulbos van circulando dentro de una estructura con cintas “ida y vuelta”, en la que una corriente de aire fluye de abajo hacia arriba; si el producto no se desplaza y solo se mueve el aire en el interior del ambiente, el sistema es fijo; el aire forzado pasa entre los bulbos a través de estructuras dotadas de fondo falso o conductos perforados; en ambos casos, los bulbos son secados durante un único período y sin interrupciones temporales del proceso.

El objetivo final de estos sistemas es llegar a un 60 % de la humedad inicial de los bulbos en un corto lapso.

La mayoría de los equipos de secado forzado están provistos por tres elementos básicos: el ventilador, el generador de calor y el contenedor.

El ventilador mueve el aire a través del producto. La elección del tipo de ventilador para usar en un secadero requiere de algunas consideraciones importantes. En primer lugar debe ser capaz de entregar la cantidad deseada de aire contra la resistencia estática de los bulbos en *bins*. Para el caso de requerirse bajas presiones, se puede usar ventiladores de tipo axial.

Los bulbos de cebolla almacenados a granel promueven, por su forma casi esférica, la formación de un gran espacio poroso. Debido a eso, el aire inyectado por debajo de las pilas del producto encuentra un obstáculo de fácil transposición, disminuyendo la exigencia por parte del ventilador de grandes presiones estáticas. En contraposición, la cantidad de aire necesaria para promover una perfecta ventilación del producto es alta y por eso es preferido el uso de ventiladores axiales. Teixeira de Matos (27) recomendó el uso de flujos de aire por encima de  $60 \text{ m}^3 \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}$  de producto para la ventilación en cebolla, siendo

observado posteriormente flujos del orden de los  $150 \text{ in m}^3 \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}$  de producto para un secado seguro y su posterior aireación intermitente.

A fin de evitar problemas provenientes del trabajo del motor en condiciones de alta temperatura (hasta  $40^\circ\text{C}$ ) y polución (el humo y el polvo succionados por la caldera), se debe optar por ventiladores equipados con motores externos a carcasa y que tengan transmisión por correas.

El **generador** de calor incrementa la temperatura del aire ambiental hasta el nivel deseado. Los generadores de calor para secaderos son alimentados generalmente a gas natural, gas licuado o fuel-oil, aunque también se usan algunos calentadores eléctricos, a carbón o con energía solar. El calor es transferido al aire de secado, ya sea indirectamente por medio de un intercambiador de calor o directamente por combinación de los gases de la combustión con el aire de secado. El sistema indirecto es usado comúnmente con todos los combustibles líquidos, por ser generalmente mayor el riesgo de incendios.

Se puede secar bulbos en pallet con aire no calentado y de baja humedad relativa. Pero el tiempo de secado, que dependerá de la temperatura y HR de ese aire externo, puede superar los 7 días en más de una ocasión. A pesar de los bajos costos iniciales, este método es considerado muy lento por muchos productores, aumentándose además el riesgo de “podredumbre del cuello” y otras enfermedades de poscosecha.

Si a esta distribución se le agrega una fuente de calor alimentada con gas u otro combustible, se reducirá considerablemente el tiempo de secado.

Los contenedores están diseñados para facilitar la distribución de aire uniforme a través del producto, existiendo distintas alternativas (como por ejemplo placas de piso cribadas o bastidores de malla abierta).

El uso de *bins* como contenedor presenta el inconveniente de una mala distribución del

flujo de aire debido a su formato, y exige una importante inversión inicial para su adquisición y mantenimiento anual.

Una buena distribución del flujo de aire con circulación forzada es la mayor ventaja observada en el almacenamiento a granel. La altura de la pila puede variar entre 2 y 3,7 m dependiendo de la cultivar y de los estados físico y sanitario del producto. Alturas mayores pueden causar una excesiva presión sobre los bulbos ubicados al fondo de la pila, causándoles daño.

## 2. Ventajas y limitantes del secado artificial

Las ventajas del secado artificial pueden resumirse en cinco puntos:

- \* mejora el aprovechamiento del espacio de almacenaje;
- \* disminuye el gasto de mano de obra, por ser en general más fácil y rápida la carga y descarga del material cosechado;
- \* promueve la rápida retirada del agua libre de los bulbos e impermeabilización de las catáfilas protectoras, así como de los bulbillos de ajo, propiciando mejores condiciones de almacenaje y mayor conservación del producto;
- \* reduce en gran medida las pérdidas de bulbos por “podredumbre del cuello”, la cual ocurre cuando *Botrytis* y otros patógenos entran en la herida incompletamente seca del cuello; una vez que un bulbo ha sido

infectado, no hay nada que pueda detener su deterioro;

- \* disminuye la incidencia de enfermedades, cuando estas son causadas por hongos sensibles a las altas temperaturas; como referencia. en la Tabla 1 se presentan umbrales térmicos para algunos patógenos de importancia en ajo.

Entre las limitantes del secado artificial, se pueden citar:

- \* el costo de la infraestructura necesaria para realizar el proceso; si bien ésta se puede simplificar y adaptar a las condiciones locales, casi siempre existe la necesidad de invertir en algunos de los componentes del sistema;
- \* la amortización de las inversiones en equipamiento e infraestructura resulta de difícil realización, si las mismas son utilizadas pocos meses del año y enfocadas únicamente hacia la estacionalidad de la producción.

## VARIABLES PARA LA EVALUACIÓN DEL PROCESO DE SECADO

Es amplia la gama de variables utilizadas para evaluar el proceso de secado de los bulbos. Hay quienes consideran suficiente la evaluación de aspectos sensoriales u organolépticos. Son los que determinan la aceptación o no por parte del consumidor: la apariencia (peso, calibre, forma, color), la textura (firmeza aparente, succulencia de los tejidos) y el sabor (acidez, pungencia, aroma).

Tabla 1. Temperaturas máximas que soportan algunos de los agentes patógenos más comunes en la vida poscosecha del ajo.

Patógeno	Temperatura máxima que soporta (°C)
<i>Alternaria porri</i> “podredumbre blanda”	45
<i>Helminthosporium allii</i> “carbonilla”	40
<i>Penicillium viridicatum</i> o <i>corymbiferum</i> “podredumbre verde”	35
<i>Sclerotium cepivorum</i> “podredumbre blanca”	35
<i>Fusarium</i> spp. “mancha de herrumbre”	30

Fuente: 30

Otros avanzan en considerar otras variables no sensoriales o biofísicas, como los sólidos solubles, contenidos de azúcares totales o reductores, la pérdida de peso del órgano comerciable o de la planta entera, con idéntico fin, pero a través de una medición que reduzca el nivel de subjetividad de apreciaciones puramente visuales.

El resultado del curado completo se verifica cuando el producto no posee olores extraños, ni manchas sobre el follaje, el cual debe permanecer flexible y de color pajizo. El falso tallo a la altura del cuello debe tener un diámetro reducido y la reducción del peso debe ser entre el 3 % y 5 % de su peso inicial.

Varias condiciones fisiológicas indican el nivel adecuado de secado, tanto en las raíces y follaje, como en las catáfilas del bulbo. Estas últimas, secas, pueden tener un color uniforme, al igual que su textura. No obstante, para Boyette *et al.* (4) el mejor indicador de que se completó el secado es el estado del cuello. Este debe estar seco cerca de la superficie del bulbo, y estando invertido, no debe gotear al presionarlo con los dedos índice y pulgar; de lo contrario, los bulbos se dañaran rápidamente al ser empacados.

Para evaluar los resultados del proceso de secado forzado, Buffington *et al.* (5) lo expresaron en función de sus características comerciales. Un bulbo vendible es aquél que muestra una textura firme, un color interior blanco y exterior acorde con las características varietales, catáfilas externas secas y un olor suave.

Según autores franceses (3), el criterio que determina el fin del secado es la pérdida de peso con relación al peso inicial a la cosecha, por ser éste un criterio fácil de controlar por los productores.

Durante el curado y almacenamiento, las pérdidas de peso varían según el genotipo y el tamaño de los bulbos, oscilando entre el 30 y 60 %. Las mayores pérdidas ocurren dentro de los primeros 20 días de poscosecha (Figura 1). Experiencias hechas por ellos indican que

las pérdidas diarias son bastante regulares y se sitúan en valores entre 4 % y 4,5 %.

Trabajos hechos en Mendoza, Argentina (8), comparando sistemas de secado natural y artificial en ajo “blanco”, indican como variables válidas para determinar la finalización del proceso al peso seco y el espesor de las catáfilas externas del bulbo.

El desarrollo del color (amarronamiento), debido a factores enzimáticos o no, es uno de los mayores problemas que ocurren durante el procesamiento y almacenaje de productos como la cebolla y el ajo. El color, junto con el sabor y la textura, es uno de los atributos más importantes usados para juzgar la calidad en productos alimenticios. Los cambios de color no sólo afectan la apariencia del producto, sino que están también asociados a otros fenómenos de deterioro como el desarrollo del mal gusto y la pérdida de calidad nutricional.

El amarronamiento enzimático es debido al efecto de enzimas que catalizan la hidroxidación y oxidación de compuestos fenólicos. Tratamientos químicos y térmicos como el azufrado o blanqueado, que son recomendados para el control enzimático del amarronamiento, no son de uso práctico en cebollas y ajos, por la inactivación de la enzima allinasa que está relacionada con la producción de las características de sabor y pungencia. El amarronamiento no enzimático es producido por la reacción de Maillard entre los azúcares reductores y grupos amino disponibles o proteínas, resultando en pigmentos poliméricos marrones. Los niveles de amarronamiento enzimático y no enzimático dependen de la temperatura y del contenido de agua, o la actividad de ésta.

Algunos autores (22, 26) reportan información sobre el color de cebollas y ajos procesados. Sin embargo, la cinética del amarronamiento durante el deshidratado de esos materiales, no ha sido suficientemente investigada.

En general, se puede sintetizar que en ajo los cambios de color son más amplios que en



cebolla y que el deterioro, expresado como cambio de color, se incrementa con el tiempo y depende de la temperatura y el contenido de humedad.

Experiencias hechas con sólidos solubles en Francia (9) son coincidentes en sus resultados con las realizadas en Mendoza, Argentina (1), a pesar de ser distintas las variedades de ajo utilizadas. Los valores de sólidos solubles aumentan significativamente a medida que el bulbo pierde agua. Esto permite correlacionar los valores medidos por refractometría con los otros parámetros observables en el ajo (diámetro de bulbo, diámetro de cuello, peso seco) y así establecer el momento oportuno de finalización del secado.

### **Factores que inciden en el proceso de secado y conservación posterior**

Un requisito básico para preservar la calidad es el control del contenido de humedad durante el proceso de secado. El deterioro puede ocurrir rápidamente cuando el contenido de humedad está por encima de cierto nivel crítico. Altos contenidos de humedad incrementan la tasa respiratoria, y ésta respiración va acompañada de calor metabólico, el que puede llevar la temperatura del producto por encima de los niveles letales (12).

Daños y pérdidas de calidad están en función del tiempo transcurrido en mal almacenamiento y con niveles de humedad superiores al valor crítico. Por ello es que la temprana reducción del contenido de humedad ayuda al mantenimiento de la calidad obtenida a la cosecha del producto (2).

Todos los vegetales son mucho menos sensibles al calor cuando contienen mayores proporciones de agua, y es hacia la terminación del proceso de secado cuando pueden acusar mayor perjuicio. En las cebollas se observan alteraciones en el color y aroma cuando la temperatura es de 69 °C y la HR del 30 %, ó

más aún si la temperatura es de 71 °C y la humedad relativa del 8 % a 10%.

El proceso de desecación en algunos casos puede endurecer la superficie del producto expuesta al aire, adquiriendo una consistencia parecida a la del cartón. Esto impide la salida del agua todavía contenida en el interior. Este fenómeno resulta menos evidente con una elevada humedad relativa del aire, aunque en este caso el secado sufre retraso.

Pero también hay que tener en cuenta que la duración del secado, junto con la temperatura y la humedad del aire, tienen una gran influencia sobre la conservación de los azúcares. Las experiencias confirman que a mayor temperatura y mayor tiempo de secado, el porcentaje de pérdida de azúcares aumenta significativamente. Esto incide negativamente sobre la calidad final del producto.

Otro factor de suma importancia en este proceso es la temperatura. Para Boyette *et al.*(4) la temperatura del aire por encima de los 40 °C dañará la cebolla. Depestre *et al.* (10) explicitan que la temperatura de 55 °C causa una rápida descomposición interna (daño fisiológico) y excesiva pérdida de peso en la cebolla.

Igualmente, Gabeiman (13) encontró que el curado de cebollas durante 24 horas a 55 °C causó ruptura interna de los tejidos del bulbo, generando una excesiva pérdida de peso.

Experiencias hechas en Florida, EE.UU. (24), indican que temperaturas de 46 °C durante 30 horas resultaron en un efecto de “cocción” de las cebollas, modificándose su textura en forma muy rápida después del tratamiento, arruinándose totalmente en menos de dos semanas de almacenamiento.

El movimiento del aire sobre el producto es un factor determinante sobre el nivel de pérdida de humedad. Se requiere del movimiento del aire para remover el calor de un producto, pero también se debe considerar su efecto sobre la pérdida de humedad. Siempre hay una delgada y microscópica capa

de aire (capa límite), adyacente a la superficie del producto, en la cual la presión de vapor está aproximadamente en equilibrio con la del producto. El movimiento del aire tiende a barrer hacia afuera el aire húmedo de alrededor del producto. Aumentando la tasa de movimiento de aire, se reduce el espesor de la capa límite, incrementándose así la tasa de pérdida de humedad porque se aumenta la diferencia en la presión de vapor cercana a la superficie.

Mientras más rápido se mueva el aire alrededor de la superficie del producto, más grande será la tasa de pérdida de agua del mismo. Ambientes abiertos con ventilación natural se pueden modificar para restringir el movimiento del aire (32).

La ventilación se debe iniciar inmediatamente después de la cosecha, no siendo recomendable esperar hasta el fin de la totalidad de la misma (27).

El secado artificial puede ser acompañado a veces por el uso de aire ambiental no calentado. Sin embargo, usando aire calentado se obtiene un secado más completo y un tiempo de secado substancialmente más corto.

En la mayoría de las situaciones de secado el aire es parcialmente recirculado. La humedad relativa puede ser regulada por la alteración de la proporción de aire externo admitido por el proceso de secado de aire.

Otro parámetro que se debe evaluar en el momento de secado es el tamaño y/o forma de lo que se expone al “curado”. Como norma general, la relación entre tamaño de un producto y su superficie tiene que ser la menor posible. Mientras más pequeña sea esta relación, más rápidamente se secarán.

## Consideraciones finales

Todo este tipo de innovaciones implica desarrollar cambios en los sistemas de cosecha (corte y arrancado mecanizado), de traslado (montacargas) y de acondicionamiento del producto (bins ventilados), como así también

el diseño o adecuación de estructuras existentes para el proceso de secado con aire forzado.

Se debe tener en claro que para afrontar económica y técnicamente todos estos cambios tecnológicos es necesario partir con un producto con calidad de exportación y con vistas a una salida comercial temprana.

## Bibliografía

1. AVILA, C. 1995. El secado rápido en ajo “blanco”. Una alternativa para asegurar exportaciones anticipadas. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (4, 1995. Rodeo de la Cruz, Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta, Unidad 5. p. 1-9.
2. AMERICAN Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. 1982. Drying and storing farm crops. In: ASHRAE Handbook Application. Atlanta, USA, ASI-IRAE. Sec. 2, Cap. 22, p. 1-14.
3. BOCHU, J.L. & M. DECONCHAT. 1990. Le sechage. In: Fruit et Legumes - Special I' Ail. Montauban, Francia. p. 24-25
4. BOYETTE, M.D.; SANDERS. D.C. & E.A. ESTES. 1992. Postharvest cooling and handling of onion. USA, North Carolina Cooperative Extension Service. 6 p.
5. BUFFINGTON, D.E.; SASTRY, S.K.; GUSTASHAW Jr., J.C. & D.S. BURGIS. 1981. Artificial curing and storage of Florida onions. Transactions of the ASAE 24(3):792-788.
6. BURBA. J.L. 1992. Producción, propagación y utilización de ajo (*Allium sativum* L.). In: Producción, post-cosecha, procesamiento y comercialización de ajo, cebolla y tomate. Santiago, Chile, FAQ. p. 63-133.
7. BURBA, J.L. 1993. Producción de semilla de ajo. La Consulta, Mendoza, Asociación Cooperadora EEA La Consulta. 163 p. (Manual de Producción de Semillas Hortícolas, fasc. 5)
8. BURBA, J.L. Y S. LANZAVECHIA. 1993. Manejo poscosecha de ajo: secado. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (3, 1993. Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta. p. 333-344.
9. CENTRE d'Experimentation Fruits et Legumes. 1990. L'ail in midi-pyrénées. Montauban, Francia, Coordination Regionale MidiPyrenees, p. 20-22.
10. DEPESTRE MANSO, T.; SAVÓN ALVAREZ, R.; MUÑOZ DE CON, L.; IGLESIAS, E. Y P. CERZAL MEZQUITA. 1992. Cebolla: Manejo

- de la producción, agroindustria y producción de semilla en condiciones tropicales. In: Producción, post-cosecha, procesamiento y comercialización de ajo, cebolla y tomate. Santiago, Chile, FAQ. p. 135-172.
11. FINGER, F.L. & M. PUIATTI. 1994. Efeito da época da toalette sobre a cura e o armazenamento de bulbos de alho. In: Horticultura Brasileira 12(2):166-168.
  12. FUNDACIÓN CHILE. 1991. Manejo de cosecha y postcosecha de los principales productos hortícolas. Chile. Capítulo 6, Suplemento 6. 22 p.
  13. GABELINAN, W.H. 1953. Don't use heart to cure onion. Wis. Agric. Exp. Stat. Annual Report 1951-52:2-34.
  14. DOYLE, B.J. 1947. Onion curing. A comparison of storage losses from artificial, field and non-cured onions. J.Amer.Soc.Hort.Sci. 50:407-414.
  15. LSENBERG, F.M.R. 1978. Onions dry for proper storage. Amer. Vegetable Grower 3:28-29.
  16. KADER, A.A.; KASMIRE, R.F.; MITCHELL, F.G.; REID, MS.; SOMMER, N.E & J.F. THOMPSON. 1985. Postharvest technology of horticultural crops. California, University of California. Special publ. 3311. 192 p.
  17. LYON, M. 1974. Mécanisation de la récolte et séchage de l'ail. In: Journées Nationales d'ail. Beaumont-de-Lomagne, Gnis. Francia. p. 43-47.
  18. MATSON, W.E.; MANSOUR, N.S. & D.G. RICHARDSON. 1985. Onion Storage. Guidelines for commercial growers. USA. In: Pacific Northwest Extension Bulletin 277:1-15.
  19. MESSIAEN, CM.; COHAT, J.; LEROUX, J.P.; PICHON, M. & A. BEYRIES. 1993. Les allium alimentaires, reproduits par voie vegetative. Francia, INRA. 230 p.
  20. MÜLLER, J.J.V. 1982. Aspectos relacionados com a conservacao de alho (*Allium sativum* L.). In: Seminarios de Olericultura. Vicosa, Brasil, UFV. Vol. 3, p. 63-95. (J.J.V. Muller y V.W.D. Casali eds.)
  21. PALILOV, N.A. 1971. The biological bases of onion storage. Acta Hort. 20:53-64.
  22. PEZZUTTI, A. & G.H. CRAPISTRE. 1994. Color changes during dehydration of onion (*Allium cepa* L.) and garlic (*Allium sativum* L.). In: International Symposium on Edible Alliaceae. (1, 1994. Mendoza). ISHS-ASAHO. p. 75. (Abstr.)
  23. SALUNKHE, D.K. 1984. Onion and garlic. In: Postharvest biotechnology of vegetables. Boca Raton, Florida, CRC. Vol. 3, p. 50-55.
  24. SALUNKHE, D.K. & B.B. DESAI. 1984. In: Postharvest biotechnology of vegetables. Boca Raton, Florida, CRC. Vol. 2, p. 23-36.
  25. SHIPWAY, MR. 1978. The refrigerated storage of vegetable and fruit. In: Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (Londres). Reference Book 324. 148 p.
  26. SMITTLE, D.A. & RE. WILLIAMSON. 1978. Onion production and curing in Georgia. USA, University of Georgia. Research Report 284:1-11.
  27. TEXEIRA DE MATOS, A. 1987. Cura e armazenamento de cebola com utilização de ventilação forçada. Arrnazém modelo EMPASC. Florianópolis, Brasil, Empresa Caterinense de Pesquisa Agropecuaria S.A. 12 p.
  28. THE ELECTRICITY COUNCIL. 1987. Vegetable conditioning and storage. Onion. Technical Information AGR. 8-2. Inglaterra. 6 p.
  29. THOMPSON, A.K.; BOOTH, R.H. & F.J. PROCTOR. 1972. Onion storage in the tropics. Tropical Science 14:19-34.
  30. WERNER, R.A. 1986. Manejo pós-colheita do alho. Inf. Agropec. 12(142):46-49.
  31. WHITWELL, J.D. 1970. The onion business (3). Factors affecting crop harvesting and storage. In: Commercial Growers 3876:518-521.
  32. WILLS, R.B.H.; MCGLASSON, W.B.; GRAHAM, D.; LEE, T.H. & E.G. HALL. 1989. Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables. New York, AVI. 170 p.